

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

---

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Проектирование технологических процессов  
(направленность (профиль) / специализация)

---

## ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Технологический процесс изготовления червяка регулировочного механизма

---

Обучающийся

В.М. Шалимов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Гуляев

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант(ы)

к.э.н., доцент О.М. Сярдова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

к.т.н., доцент А.Н. Москалюк

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2022

## Аннотация

В работе рассматривается разработка технологического процесса изготовления червяка регулировочного механизма для годовой программы выпуска 10000 деталей.

В работе рассматриваются особенности технологического процесса изготовления детали и выбираются пути его совершенствования. Изучается технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления. Анализируется базовый технологический процесс и исследуются пути его совершенствования. Выявляется оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; проводится анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства. Анализируются отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и предлагаются выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса. Проводится анализ применяемого оборудования. Производится анализ применяемого режущего инструмента. Производится анализ режимов резания. Проводится анализ применяемых приспособлений. Выявляются станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса. Проводится анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявляются приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности. Проводится анализ и расчет контрольного приспособления. Предлагаются мероприятия для осуществления безопасности проектируемого процесса и его экономической обоснованности.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ объекта проектирования.....	6
1.1 Анализ технологичности объекта проектирования.....	6
1.2 Формулировка задач работы.....	10
2 Технология изготовления детали.....	12
2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств оснащения.....	12
2.2 Расчет технологической операции.....	22
3 Расчет и проектирование средств оснащения.....	27
3.1 Проектирование основного приспособления.....	27
3.2 Проектирование вспомогательного приспособления.....	30
4 Безопасность и экологичность технического объекта.....	34
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристики рассматриваемого технического объекта.....	34
4.2 Идентификация профессиональных рисков.....	35
4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков.....	36
4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	38
4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта...	40
5 Экономическая эффективность работы.....	41
Заключение.....	46
Список используемых источников.....	47
Приложение А. Технологическая документация.....	49

## Введение

Для автоматизации производства особое значение имеет внедрение в ход технологического процесса станков с ЧПУ. При внедрении наряду с увеличением производительности стали проявляться проблемы с привязкой и настройкой инструмента, которые, несмотря на увеличение скорости обработки и повышение качества изготовления, выливались в серьёзные потери времени при предварительной настройке оборудования перед работой. Разработчики станочного оборудования не оставили без внимания эту проблему. Решить эту задачу на необходимом уровне позволило появление в конце девяностых годов двадцатого века электронно-вычислительных машин с встроенными базами данных инструмента, используемого в производстве и интеграцию их в процесс предварительной размерной настройки инструмента, модернизировав при этом и приборы измерения, дополнив их функционал возможностью получения, обмена и хранения данных о инструменте и возможности передачи их непосредственно на станок в управляющий блок ЧПУ [19]. На основе этого оборудования вначале за рубежом, а потом и в России стала внедряться автоматизированная система управления инструментом, или по-другому системы «tool менеджмента», с автоматизированным учётом оборотного инструмента. Приборы для размерной настройки инструмента вне станка практически не претерпели больших изменений в плане механической части. Процесс модернизации шёл по пути интеграции электронных средств измерения в приборы, и создания программного обеспечения для работы с прибором и обменом данными с базами накопителей и обслуживаемыми станками. В качестве одного из наиболее известных подходов к менеджменту процессов, базирующегося на использовании ИТ-технологий является автоматизация производств и также процессов. Посредством данного способа возможно осуществлять менеджмент операций, а также управлять данными и необходимыми ресурсами – этот факт говорит о падении значимости

человеческих ресурсов в процессе или целиком отменяет потребность в данных ресурсах. В качестве главной задачи автономности работы всех технических процессов, в условиях производственного учреждения, нужно выделить возможности управления ими посредством специальных технологий, что предполагает довольно сложное применение средств программного и технического типа при небольшом задействовании соответствующих человеческих ресурсов. Увеличение надёжности осуществления процессов есть основная цель внедрения современных автоматизированных технологий. В ходе автоматизации производственного процесса нужно отметить положительные качества, в частности, это стабильность характеристик, что отличает автоматизированное производство от ручного. В ряде обстоятельств процесс автоматизации производства изделий увеличивает такую характеристику, как производительность, уменьшает период процесса, уменьшает финансовые траты, увеличивает также точность операций и их стабильность. Главная цель автоматизированного производства всех процессов, приводящих к созданию готовой продукции, является увеличение надёжности и также безопасности всех процессов. В связи с этим важной задачей инженера-технолога является разработка рациональных и экономически целесообразных технологических процессов изготовления элементов сцепки с учётом прогрессивных технологий, приспособленных к условиям конкретного предприятия, которые обеспечат высокую производительность производства продукции при ее наименьшей себестоимости. Необходимо «разработать новый технологический процесс изготовления детали» [13], использовать при обработке детали высокопроизводительное оборудование и специальную технологическую оснастку.

# 1 Анализ объекта проектирования

## 1.1 Анализ технологичности объекта проектирования

Деталь «Червяк» «предназначена для передачи крутящего момента. Деталь является основой для установки остальных» [7] элементов в регулировочном механизме. При анализе технологичности конструкции детали следует рассмотреть соответствие «конструкции детали ее служебному назначению» [15], при минимальной себестоимости и материалоемкости изделия. Этот анализ состоит из двух методов определения технологичности конструкции детали: качественный и количественный. Количественный и качественный анализ технологических факторов позволяет получить необходимую конфигурацию заготовки, возможность и удобство механической обработки всех поверхностей. Условия эксплуатации в процессе работы детали, исходя из ее служебного назначения и конструктивное исполнение позволяют определить материал заготовки и требуемые параметры точности обработки на всех технологических операциях технологического процесса. Часть механизма, где располагается деталь представлена на рисунке 1.

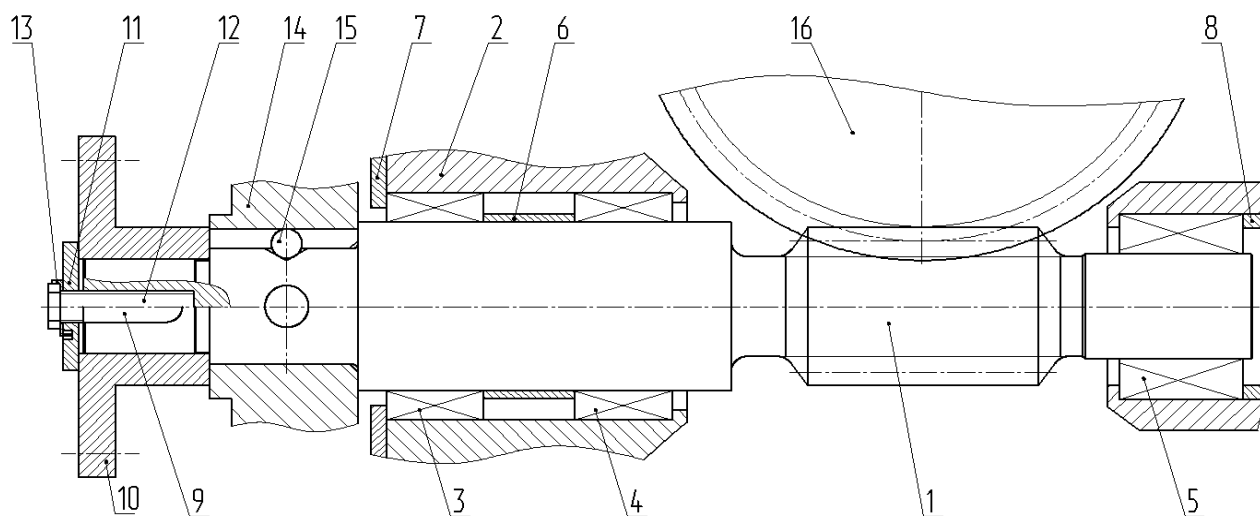


Рисунок 1 – Часть механизма

На рисунке 1 обозначены: 1 – червяк; 2 – корпус регулировочного механизма; 3, 4 и 5 – подшипники; 6 – распорная втулка; 7 и 8 – бурты; 9 – шпонка; 10 – полумуфта; 11 – концевая шайба; 12 – фиксирующий болт; 13 – стопорная шайба; 14 – муфта; 15 – шарики; 16 – червячное колесо.

Далее необходимо рассмотреть одну из основных задач работы по анализу и внесению изменений, позволяющих усовершенствовать существующие технологии, оснастку, организацию и экономику производства, по возможности, опережающие современный производственный процесс изготовления детали. Для разработки нового с технической и экономической точки зрения технологического процесса проводим детальный анализ уже существующего процесса.

Выбираем материал заготовки «40Х ГОСТ 4543-2016, химический состав и физико-механические свойства которого представим в таблицах 1 и 2» [1].

Таблица 1 – Химический состав

Элемент	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V
Содержание, %	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,04	0,04	0,8-1,1	0,11	0,3	0,05

Здесь указаны: C – углерод, Si – кремний, Mn – марганец, P – фосфор, S – сера, Cr – хром, Mo – молибден, Ni – никель, V – ванадий. Основным химическим элементом в рассматриваемом материале является Fe – железо, содержание которого может принимать значение из интервала 96-97 %.

Таблица 2 – Физико-механические свойства

Сортамент	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	KCU, кДж/м <sup>2</sup>	НВ
поковок	245-275	470-530	15	30-32	34	143-197

Здесь показаны физико-механические параметры материала, значения которых присутствуют в таблице: предел пропорциональности, относительное удлинение при разрыве и твердость.

Нумерация поверхностей для их классификации представлена на рисунке 2 и в таблице 3. Проведем классификацию и систематизацию пронумерованных поверхностей для дальнейшей механической обработки рассматриваемой детали.

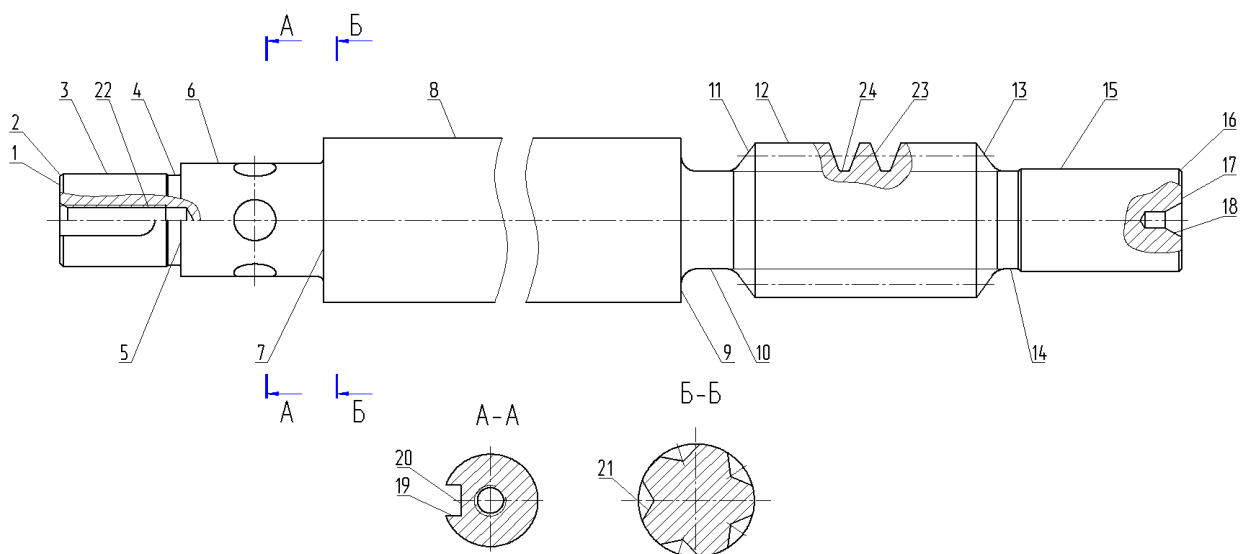


Рисунок 2 – Систематизация поверхностей детали

Таблица 3 – Классификация поверхностей

Вид	Номера поверхностей
ОКБ	8, 15
ИП	19, 23
ВКБ	3, 5, 6, 7, 20, 21, 22
СП	все остальные

При проведении классификации поверхностей в таблице 3 сначала определены поверхности, характеризующие в детали положение составляющих элементов, то есть основные конструкторские базы – это поверхности под номерами 8 и 15. Затем определены поверхности, характеризующие функциональное выполнение деталей ее служебного



назначения, то есть исполнительные поверхности – это 19 и 23. Далее определены поверхности, характеризующие пространственно-ориентированное положение относительно детали других составляющих элементов, то есть вспомогательные конструкторские базы – это 3, 5, 6, 7, 20, 21 и 22. Поверхности, которые оформляют очертания детали как конструкции определены как свободные.

Основным недостатком базового технологического процесса является использование заготовки, полученной методом проката, что влечет за собой высокую стоимость материала, так как деталь выпускается средними сериями. В качестве аналога предложена заготовка, получаемая способом штамповки. Это позволило бы уменьшить стоимость производства. Так же недостатком является отсутствие станков с ЧПУ, что позволило бы обработать наружные поверхности детали за три установки, что сократило бы время обработки на механических операциях, а также повысило бы точность детали. Базирование заготовки в базовом технологическом процессе частично отвечает основным принципам технологии машиностроения. В результате анализа базового технологического процесса был обнаружен ряд отклонений не только в заполнении конструкторской документации, но и в рациональности использования метода получения заготовки, средств технологического оснащения, выбора комплекта технологических баз, последовательности обработки ответственных поверхностей. Для повышения технологичности конструкции детали предлагается унифицировать ряд ее конструктивных элементов и исключить тем самым применение специальных инструментов. Целесообразно применять стандартные режущие инструменты, параметры которых позволяют получить необходимую поверхность. Поэтому рекомендуется упорядочить технологические операции механической обработки в зависимости от применяемого оборудования и функциональных назначений поверхностей детали.

## 1.2 Формулировка задач работы

В ходе проведенного анализа предлагаемых в задании исходных данных для совершенствования технологического процесса изготовления корпуса патрубка следует решить ряд взаимосвязанных друг из друга в порядке решения технических и технологических задач, сформулировать которые можно следующим образом:

- рассмотреть особенности технологического процесса изготовления детали и выбрать пути его совершенствования;
- изучить технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления;
- проанализировать базовый технологический процесс и исследовать пути его совершенствования; выявить оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; провести анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства;
- проанализировать отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделать выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса;
- провести анализ применяемого оборудования;
- произвести анализ применяемого режущего инструмента; произвести анализ режимов резания;
- произвести анализ применяемых приспособлений; выявить станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса; провести анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства; выявить приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности;
- осуществить анализ и расчет контрольного приспособления.
- предложить мероприятия для осуществления безопасности проектируемого процесса и его экономической обоснованности.

В разделе, согласно поставленной цели, описания служебного назначения детали и ее технологичности были сформулированы задачи выпускной квалификационной работы. В первую очередь был определен тип производства, так как все характеристики проектируемого «технологического процесса зависят от типа производства» [12]. Было установлено, что деталь легко изготавливается в условиях среднесерийного производства. Исходя из особенностей производства, в следующих разделах будем определять способ получения заготовки и ее проектирование. При этом необходимо рассмотреть не менее двух способов получения заготовки и выбрать наиболее экономичный способ на основе технико-экономического анализа. Далее необходимо спроектировать план изготовления детали; выбрать средства технологического оснащения и спроектировать технологические операции. После этого необходимо спроектировать более совершенные средства технического оснащения. В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе в соответствии с решенными задачами и выработать рекомендации по дальнейшему совершенствованию технологического процесса.

## 2 Технология изготовления детали

### 2.1 Расчет заготовки, выбор методов и средств обработки

В предыдущем разделе при анализе технологичности детали был сделан вывод, что для получения заготовки целесообразнее применить метод ее получения в виде штамповки. При решении первоочередной технической задачи «выбора метода получения заготовки необходимо» [9] учитывать ряд важных технических и технологических факторов, связанных с размерами, формой и материалом заготовки, а также серийностью «производства. Выбор метода получения заготовки» [9] напрямую зависит от оборудования, которым оснащен заготовительный цех. Рассмотрим для объективного сравнения поковку, прокат и штамповку. В качестве исходных данных имеем годовую программу выпуска равную 10000 деталей в год и массу детали равную 1,58 кг. При сравнении предлагаемых методов проведем расчет технологической себестоимости обоих с помощью известной методики определения  $M_{Ш}$  («масса штамповки) по формуле [6]:

$$M_{Ш} = M_{Д} \cdot K_{Р}, \quad (1)$$

где  $M_{Д}$  – масса детали, кг;

$K_{Р}$  равен 1,35.

$$M_{Ш} = 1,58 \cdot 1,35 = 2,13 \text{ кг.}$$

А  $M_{ПР}$  (масса проката) по формуле [6]:

$$M_{ПР} = V \cdot \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – объем, мм<sup>3</sup>;

$\gamma$  – плотность, кг/мм<sup>3</sup>» [14].

При прокате размеры заготовки определим с помощью выражений:

$$d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}}, \quad (3)$$

где  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный радиальный размер, мм.

$$d_{\text{ПР}} = d_{\text{Д}}^{\text{max}}$$

Пусть  $d_{\text{Д}}^{\text{max}}$  будет равным 34 мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  – максимальный линейный размер, мм.

$$l_{\text{ПР}} = l_{\text{Д}}^{\text{max}}$$

Пусть  $l_{\text{Д}}^{\text{max}}$  будет равным 355 мм.

В итоге получим:

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} \quad (5)$$

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot l_{\text{ПР}} = \frac{3,14}{4} \cdot 34^2 \cdot 355 = 322148 \text{ мм}^3.$$

Масса проката тогда будет

$$M_{\text{ПР}} = 322148 \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 2,54 \text{ кг}$$

Определим метод получения заготовки по минимальной себестоимости [11]:

$$\llcorner C_{\text{Д}} = C_{\text{З}} + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}}, \quad (6)$$

где  $C_{\text{З}}$  – стоимость заготовки;

$C_{\text{МО}}$  – стоимость обработки;

$C_{\text{ОТХ}}$  – стоимость стружки.

Стоимость заготовки при штамповке определим с помощью выражения:

$$C_3 = C_B \cdot M_{Ш} \cdot K_T \cdot K_{СЛ} \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{П}, \quad (7)$$

где  $C_B$  – цена 1 кг заготовки, руб./кг;

$M_{Ш}$  – масса, кг» [10];

Корректирующие коэффициенты, учитывающие соответственно:

$K_T$  – точность;

$K_{СЛ}$  – сложность;

$K_B$  – массу;

$K_M$  – материал;

$K_{П}$  – серийность.

Пусть согласно справочным данным  $C_B$  равно 13,44 руб./кг,  $K_T$  равно 1,0,  $K_{СЛ}$  равно 0,77,  $K_B$  равно 1,14,  $K_M$  равно 1,18 и  $K_{П}$  равно 1,0.

Тогда

$$C_3 = 13,44 \cdot 2,13 \cdot 1,0 \cdot 0,77 \cdot 1,14 \cdot 1,18 \cdot 1,0 = 29,65 \text{ руб.}$$

Обработка штампованной заготовки:

$$\ll C_{МО} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} \quad (8)$$

где  $C_{УД}$  – цена 1 кг материала, руб./кг.

Получим удельные затраты:

$$C_{УД} = C_C + E_H \cdot C_K \gg [11] \quad (9)$$

Пусть согласно справочным данным  $E_H$  равно 0,16,  $C_C$  равно 17,8 руб./кг и  $C_K$  равно 39,2 руб./кг.

$$C_{MO} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{УД} = (2,13 - 1,58) \cdot (17,8 + 0,16 \cdot 39,2) = 13,24 \text{ р.}$$

«Стоимость отходов:

$$C_{ОТХ} = (M_{Ш} - M_{Д}) \cdot C_{ОТХ} \quad (10)$$

$C_{ОТХ}$  равна 0,48 руб./кг. Получим:

$$C_{ОТХ} = (2,13 - 1,58) \cdot 0,48 = 0,27 \text{ руб.}$$

$$C_{Д} = 29,65 + 13,24 - 0,27 = 42,62 \text{ руб.}$$

Стоимость проката:

$$C_{ПР} = C_{МПР} \cdot M_{ПР} + C_{ОЗ}, \quad (11)$$

где  $C_{МПР}$  – стоимость 1 кг материала равна 14,4 руб./кг;

$C_{ОЗ}$  – стоимость отрезки, руб.

$$C_{ОЗ} = \frac{C_{ПЗ} \cdot T_{ШТ}}{60}, \quad (12)$$

где  $C_{ПЗ}$  – затраты на рабочем месте 36,2 руб./ч.

$T_{ШТ}$  определим с помощью выражения:

$$T_{ШТ} = T_0 \cdot \phi_K, \quad (13)$$

где  $T_0$  – машинное время, мин;

$\phi_K$  – коэффициент, учитывающий оснастку.

Пусть согласно справочным данным  $\phi_K$  равно 1,5, а  $T_0$  определим по формуле:

$$T_0 = 0.19 \cdot d_{\text{ПР}}^2 \cdot 10^{-3} \text{» [8]} \quad (14)$$

Результаты расчетов:

$$T_0 = 0,19 \cdot 34^2 \cdot 10^{-3} = 0,22 \text{ мин};$$

$$T_{\text{ШТ}} = 0,22 \cdot 1,5 = 0,33 \text{ мин};$$

$$C_{\text{ОЗ}} = \frac{36,2 \cdot 0,33}{60} = 0,20 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ПР}} = 14,4 \cdot 2,54 + 0,20 = 36,78 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{МО}} = (M_{\text{Ш}} - M_{\text{Д}}) \cdot C_{\text{УД}} = (2,54 - 1,58) \cdot (17,8 + 0,16 \cdot 39,2) = 23,11 \text{ руб.};$$

$$C_{\text{ОТХ}} = (2,54 - 1,58) \cdot 0,48 = 0,46 \text{ руб.}$$

$$\text{Окончательно получим } C_{\text{Д}} = C_3 + C_{\text{МО}} - C_{\text{ОТХ}} = 42,62 \text{ руб.}$$

Для сравнения двух методов проведем расчет коэффициента использования материала:

$$K_{\text{ИМ}} = \frac{M_{\text{Д}}}{M_3} \quad (15)$$

Получим:

$$\text{Штамповка: } K_{\text{ИМ}} = \frac{1,58}{2,13} = 0,74.$$

$$\text{Прокат: } K_{\text{ИМ}} = \frac{1,58}{2,54} = 0,62.$$

Вывод: «штамповка выгоднее проката.

Годовой экономический эффект определим по формуле:

$$\text{Э}_{\text{Г}} = (C_{\text{ДПР}} - C_{\text{ДШ}}) \cdot N_{\text{Г}} \text{» [6]} \quad (16)$$

где  $C_{\text{ДПР}}$  – стоимость детали (прокат);

$C_{\text{ДШ}}$  – стоимость детали (штамповка).

Результат экономического сравнения:



$$\Delta_T = (59,43 - 42,62) \cdot 10000 = 168100 \text{ руб.}$$

Технические и технологические требования для обработки поверхностей указаны в таблице 4. Для определения припусков необходимо осуществить поэтапное решение этой задачи. Первый этап состоит в определении последовательности механической обработки каждой поверхности. Необходимо учесть зависимость поверхности от ее формы, точности обработки и чистоты. При этом используются справочные данные [16]. На следующем этапе проектирования осуществляется определение численных значений припусков на обработку. При этом обычно используется несколько методик. Для выбранного типа производства необходимо применить расчетно-аналитический метод [21] для определения припусков на точные поверхности. Рассчитаем припуски на диаметральный размер 32f7 мм и данные внесем в таблицы 4 и 5.

Таблица 4 - Припуски на обработку

Поверхности	Переход	Операция	Z, мм
1, 17	подрезать	005	1,4
9-13, 15	точить	010	1,1
2, 3, 6-8	точить	015	1,1
9-16	точить	020	0,35
1-8	точить	025	0,35
12, 15	шлифовать	030	0,10
3, 8	шлифовать	035	0,10
12, 15	шлифовать	080	0,05
3, 8	шлифовать	085	0,05
23	шлифовать	090	0,15

Согласно принятой методики расчета для каждого технологического перехода при определении минимальных и максимальных значений припуска данные будем заносить в таблицу 5, а графическая схема расположения припусков для этой поверхности отмечена на рисунке 3.

Таблица 5 – Припуски при обработке диаметрального размера 32f7 мм

Переходы	Элементы			Td/IT	Размеры		Припуск	
	a	$\varepsilon_{уст}^{i-1}$	$\rho^{i-1}$		d <sup>i</sup> min	d <sup>i</sup> max	2Z min	2Z max
первый	0,360	-	0,661	$\frac{1,8}{3}$	34,815	36,615	-	-
второй	0,100	0,450	0,040	$\frac{0,390}{13}$	32,496	32,886	2,319	3,729
третий	0,050	0,027	0,026	$\frac{0,100}{10}$	32,199	32,299	0,297	0,587
четвертый	0,030	0,018	0,013	$\frac{0,039}{8}$	32,036	32,075	0,163	0,224
пятый	0,020	0	0,007	$\frac{0,025}{7}$	31,950	31,975	0,086	0,100

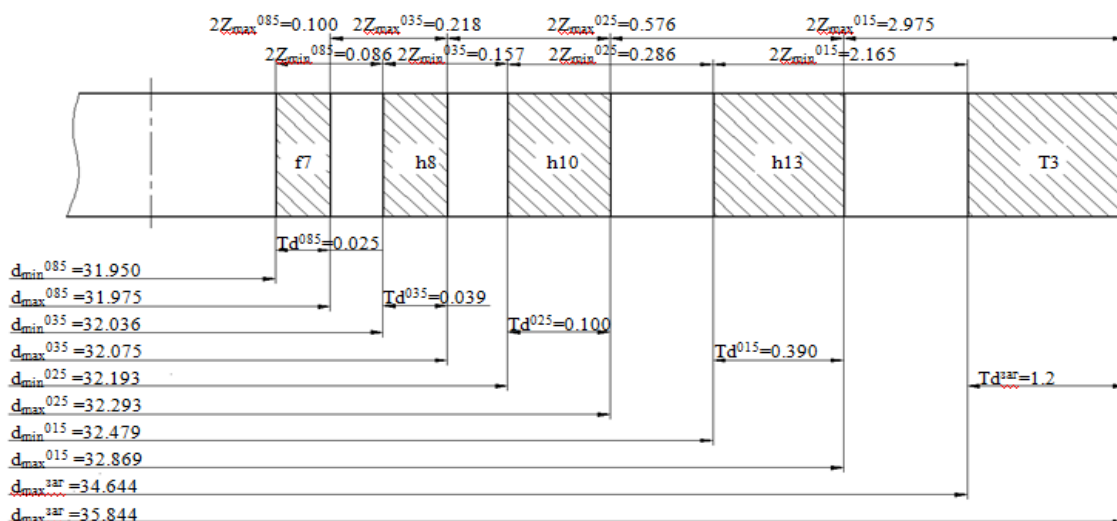


Рисунок 3 – Схема расположения припусков 32f7

Для заготовки принимаем следующие параметры: КГШП; индукционный нагрев; ТЗ; М2; С1; П. Эскиз заготовки представлен на рисунке 4.

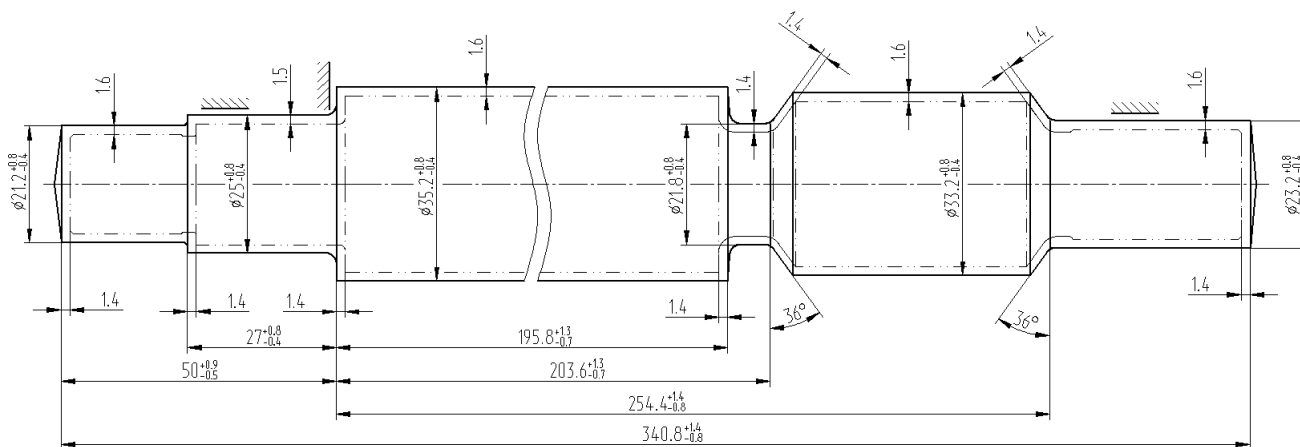


Рисунок 4 – Заготовка

По эскизу «суммируем объемы всех цилиндрических элементов заготовки и получаем результирующий объем:

$$V = 322148 \text{ мм}^3$$

Тогда масса штамповки будет 2,13 кг» [19], а

$$K_{ИМ} = \frac{1,58}{2,13} = 0,74.$$

Для формирования маршрута изготовления детали для дальнейшей разработки плана изготовления при выбранном типе производства необходимо учитывать принципы концентрации и дифференциации технологических переходов. Учитывая особенности изготавливаемой детали за основу возьмем принцип концентрации технологических переходов, что в итоге должно привести к сокращению времени на обработку за счет максимального использования потенциала выбранного оборудования. В таблице 6 также представлено используемое на технологических операциях оборудование, которое потребуется для формирования плана изготовления, где необходимо указать предлагаемые схемы базирования на эскизах, определить технические требования и указать операционные размеры. Указание операционных размеров будет зависеть от используемого оборудования и принятых схем базирования [16]. Маршрут изготовления показан в таблице 7.

Таблица 6 – Технологические операции

Операция	Название	Оборудование
000	заготовительная	КГШП
005	центровально-подрезная	полуавтомат 2А923
010	токарная	ВСТ-6А25-21 CNC23
015	токарная	ВСТ-6А25-21 CNC23
020	токарная	ВСТ-6А25-21 CNC23
025	токарная	ВСТ-6А25-21 CNC23
030	круглошлифовальная	SHU-321.22
035	круглошлифовальная	SHU-321.22
045	фрезерная	6Р81ГМФ3-1
075	центрошлифовальная	RPH 250
080	круглошлифовальная	SHU-321.22
085	круглошлифовальная	SHU-321.22
090	резьбошлифовальная	5К822В

Таблица 7 – Маршрут изготовления

Операция	Базы	Поверхности	IT	Ra, мкм
000	-	-	T3	40
005	6, 7, 15	1, 17, 18	13	6,3
010	1, 18	9-13, 15	13	12,5
015	17, 18	2, 3, 6-8	13	12,5
020	1, 18	9-16	10	6,3
025	17, 18	1-5, 7, 8	10	6,3
		6	10	3,2
030	1, 18	12	8	3,2
		15	8	2,5
035	17, 18	3	8	2,5
		8	8	1,6
040	1, 18	23	9	3,2
		24	11	3,2
045	7, 8, 15	22	9H	6,3
		21	13	6,3
		19	9	3,2
		20	12	6,3
075	3, 5, 15	18	7	1,6
080	1, 18	12	7	2,5
		15	7	1,25
085	17, 18	3	6	1,25
		8	7	0,63
090	1, 18	23	7-C	1,25

Этап проектирования, на котором происходит выбор «оборудования, технологической оснастки, режущего и мерительного инструмента» [18] во многом является ключевым, поэтому от него зависят технико-экономические

показатели всего технологического процесса в целом. На этом этапе проектирования следует учесть тип производства, методы обработки на технологических операциях на основе принципа концентрации переходов. А также возможность использования нормализованных и стандартизированных средств оснащения, необходимость механизации и автоматизации операций, необходимость применения прогрессивных конструкций оснастки и необходимость применения современных инструментальных материалов режущего инструмента, экономические показатели. В таблице 8 представлены результаты этого выбора.

Таблица 8 – Выбор СТО

«Операция	Оборудование	Оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
005	2A923	СНП ГОСТ 12195-66	пластина ГОСТ 19052-80 Т5К10. центровочное сверло ГОСТ 14952-75 Р6М5.	калибр-пробка ГОСТ 14827-69. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79.
010 015 020 025	ВСТ-6A25-21 CNC23	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. вращающийся центр ГОСТ 8742-75. люнет.	проходной резец пластина ОСТ 2И.101-83 Т5К10.	калибр-пробка ГОСТ 14827-69. калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79.
030 035 080 085	SHU-321.22	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. упорный центр ГОСТ 18259-72. люнет.	круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007.	калибр-скоба ГОСТ 18355-73. шаблон ГОСТ 2534-79. приспособление мерительное с индикатором ГОСТ 5584-61» [2].

Продолжение таблицы 8

«Операция	Оборудование	Оснастка	Режущий инструмент	Мерительный инструмент
040	5Б64	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. упорный центр ГОСТ 18259-72. люнет.	дисковая фреза ОСТ 2И41-3-85.	шаблон ГОСТ 2534-79. приспособление мерительное с индикатором ГОСТ 5584-61.
045	6Р81ГМФ3-1	специальное приспособление ГОСТ 12195-66.	шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5. спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5. метчик ГОСТ 3266-81 М6 Р6М5К5.	шаблон ГОСТ 2534-79. Калибр-пробка ГОСТ14827-69
075	РРН 250	специальное приспособление ГОСТ 12195-66.	головка шлифовальная ГОСТ 2447-82.	шаблон ГОСТ 2534-73. приспособление контрольное с индикатором
090	5К822В	поводковый патрон ГОСТ 2571-71. упорный центр ГОСТ 18259-72. Люнет.	круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007.	шаблон ГОСТ 2534-79. приспособление мерительное с индикатором ГОСТ 5584-61» [2].

Технологическая документация в виде маршрутных и операционных карт представлена в Приложении А. Она содержат данные из таблиц, представленных в разделе в виде необходимых сведений, соответствующих конструкторско-технологической документации.

## 2.2 Расчет технологической операции

Режимы резания на токарную операцию 025.

«Припуск равен 0,35 мм

Перемещение инструмента 0,15 мм/об.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_U}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_U, \quad (17)$$

где выберем базовую величину  $C_U$  равную 420 [17, с.270];

$T$  равно 60 мин;

$t$  равно 0,2,  $x$  равно 0,15,  $y$  равно 0,20;

$K_U$  примем равным 1,27» [4].

Тогда

$$V = \frac{420}{60^{0,2} \cdot 0,35^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 1,27 = 363 \text{ м/мин.}$$

$$\ll n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}. \quad (18)$$

Обработка шейки диаметром 18,3 мм:

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 363}{3,14 \cdot 18,3} = 6328 \text{ мин}^{-1}.$$

Обработка шейки диаметром 22 мм:

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 363}{3,14 \cdot 22} = 5264 \text{ мин}^{-1}.$$

Обработка шейки диаметром 32,3 мм:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 363}{3,14 \cdot 32,3} = 3585 \text{ мин}^{-1}.$$

Корректировка:

обработка шейки диаметром 18,3 мм:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18,3 \cdot 2240}{1000} = 128 \text{ м/мин};$$

обработка шейки диаметром 22 мм:

$$V_2 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 22 \cdot 2240}{1000} = 154 \text{ м/мин};$$

обработка шейки диаметром 32,3 мм:

$$V_3 = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 32,3 \cdot 2240}{1000} = 227 \text{ м/мин} \gg [3].$$

Сила резания:

$$\langle P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P, \quad (19)$$

где  $C_P$  – равен 300;

$x, y, n$  – табличные значения соответственно равные 1,0, 0,75, 0,15;

$K_P$  – коррекция.

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP} \quad (20)$$

где  $K_{MP}, K_{\phi P}, K_{\gamma P}, K_{\lambda P}$  и  $K_{rP}$  равны соответственно 0,83, 0,89, 1,0, 1,0 и 1,0» [19].

Получим

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,35^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 227,2^{-0,15} \cdot 0,83 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \times \\ \times 1,0 \cdot 1,0 = 121 \text{ Н.}$$

«Мощность определим по формуле:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (21)$$

$$\text{Получим } N = \frac{121 \cdot 227,2}{1020 \cdot 60} = 0,45 \text{ кВт.}$$

По паспортным данным у станка ВСТ-6А25-21 CNC23 мощность намного больше и равна 7,5 кВт, то есть его использование возможно. Режимы резания показаны в таблице 9» [4].

Таблица 9 – Режимы резания

«Операция	t, мм	S, мм/об	n <sub>пр</sub> об/мин	V <sub>пр</sub> м/мин» [4]
005	1,57	0,04	900	19
	1,9	0,04	900	65
010	1,1	0,5	2240	147
	1,1	0,5	1646	160
	1,1	0,5	2240	138



Продолжение таблицы 9

«Операция	t, мм	S, мм/об	$n_{пр}$ об/мин	$V_{пр}$ м/мин» [4]
015	1,1	0,5	2240	133
	1,1	0,5	2240	145
	1,1	0,5	1546	160
020	0,35	0,25	2240	143
	0,35	0,25	2240	213
	0,35	0,25	2240	133
025	0,35	0,25	2240	128
	0,35	0,15	2240	154
	0,35	0,25	2240	227
030	0,1	0,012	396	25
	0,1	0,012	264	25
035	0,1	0,012	440	25
	0,1	0,010	248	25
040	5,5	1,0	315	692
045	3,5	0,02	1250	23
	2,5	0,12	1600	25
	0,5	0,5	500	9
	4,0	0,15	1250	31
080	0,05	0,006	500	31
	0,05	0,008	371	35
085	0,05	0,006	500	28
	0,05	0,005	348	35
090	0,12	0,10	6	0,6
	0,04	0,05	6	0,6
	0,04	0,05	6	0,6

Нормы времени на все операции показаны в таблице 10. «Получаем затраченное время: 0,485 мин – машинное; 0,536 мин – на управление станком; 1,021 мин – операционное; 0,061 мин – на удаление стружки и замену инструмента; 19 мин – на ознакомление с чертежом; 1,082 мин – штучное; 1,162 мин – на выполнение технологической операции» [8].

Таблица 10 – Нормы времени (в минутах)

«Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{оп}$	$T_{об,о-т}$	$T_{п-з}$	$T_{шт}$	$n$	$T_{шт-к}$ » [8]
005	0,305	0,385	0,690	0,041	26	0,731	236	0,841

Продолжение таблицы 10

«Операция	$T_0$	$T_B$	$T_{OP}$	$T_{OB,O-T}$	$T_{П-3}$	$T_{ШТ}$	$n$	$T_{ШТ-К}$ [8]
010	0,120	0,358	0,478	0,029	21	0,507	236	0,596
015	0,300	0,346	0,646	0,039	19	0,685	236	0,765
020	0,211	0,592	0,803	0,048	21	0,851	236	0,940
025	0,485	0,536	1,021	0,061	19	1,082	236	1,162
030	0,238	0,522	0,760	0,065	21	0,825	236	0,914
035	1,160	0,522	1,682	0,158	21	1,840	236	1,929
040	1,685	0,440	2,125	0,127	26	2,252	236	2,362
045	0,151	0,555	0,706	0,042	28	0,748	236	0,867
075	0,210	0,381	0,591	0,047	19	0,638	236	0,718
080	0,254	0,522	0,776	0,069	21	0,845	236	0,934
085	1,742	0,522	2,264	0,217	21	2,481	236	2,570
090	1,012	0,522	1,534	0,193	21	1,727	236	1,816

В разделе проведены все необходимые расчеты для разработки технологической документации. Маршрутные и операционные карты, представленные в Приложении А, содержат расчетные данные в виде необходимых сведений, соответствующих конструкторско-технологической документации. Проведен расчет режимов резания и норм времени на технологические операции.

### 3 Расчет и проектирование средств оснащения

#### 3.1 Проектирование основного приспособления

В разделе для 025 операции «проведем расчет для выбранных параметров обработки токарного рычажного патрона, а также его конструкционные особенности. Патрон предназначен для реализации схемы базирования и закрепления заготовки при обработке. Ранее при проектировании 025 операции получено значение главной составляющей силы резания 121 Н» [11].

Необходимо «рассчитать усилие зажима заготовки в проектируемом приспособлении, учитывая систему сил, схема которых представлена на рисунке 6. Сила зажима препятствует силе резания, обеспечивая равенство моментов этих сил» [11].

Проведем «расчет силы зажима заготовки с помощью трех кулачков [20]. Зависимость этой силы от составляющей силы резания определяется формулой:

$$W_z = \frac{K \cdot P_z \cdot R_0}{f \cdot R}, \quad (22)$$

где  $K$  – запас;

$P_z$  – составляющая силы резания;

$R_0$  – радиус зажимаемой поверхности;

$R$  – радиус обрабатываемой поверхности;

$f$  – параметр подвижности для кулачков с гладкой поверхностью, который равен 0,25» [21].

«Коэффициент запаса  $K$  определим согласно [21] равным 2,5. Тогда сила зажима» [21]:

$$W_z = \frac{2,5 \cdot 159 \cdot 220}{0,25 \cdot 67,9} = 5151 \text{ Н.}$$

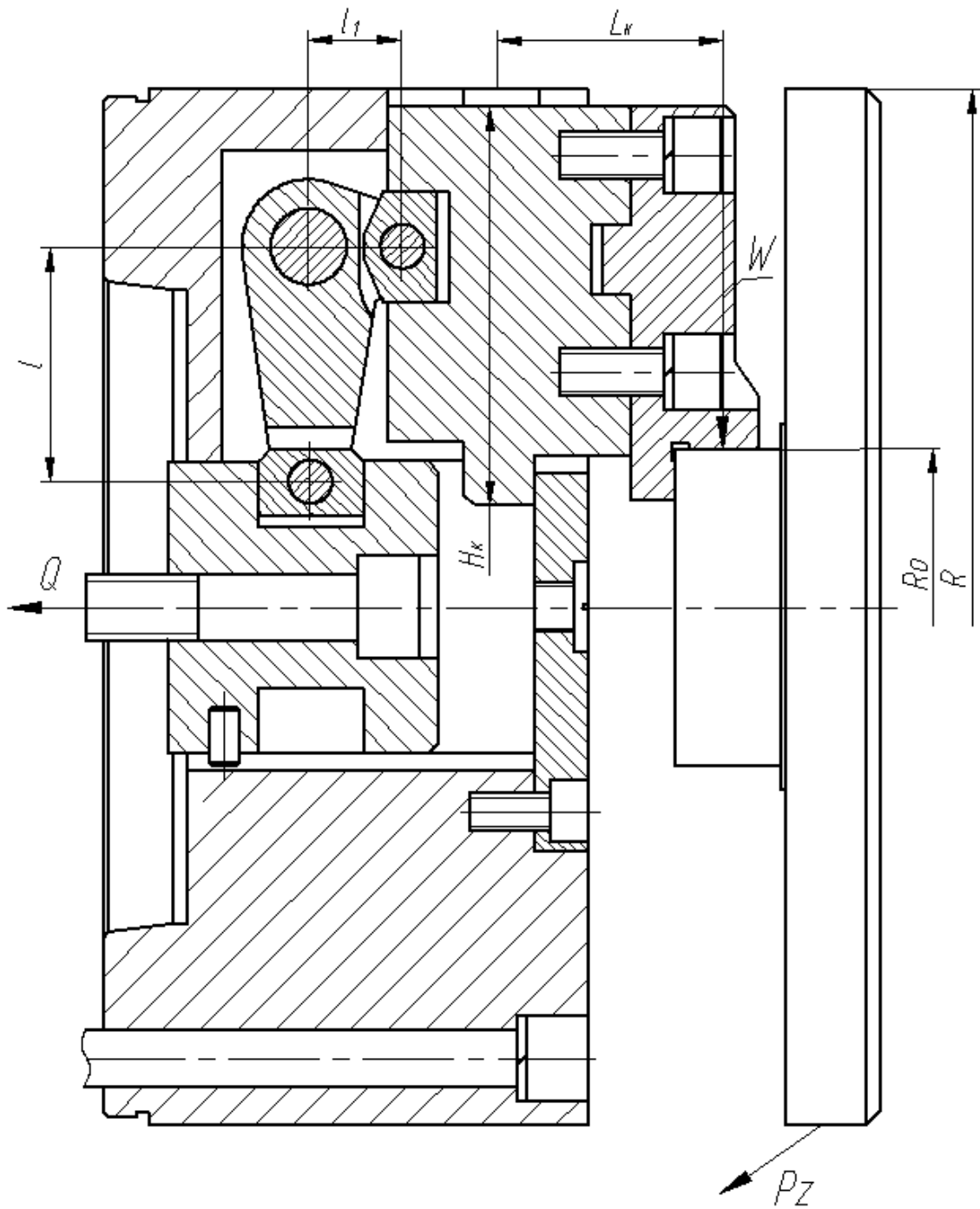


Рисунок 5 – Схема действия сил

Для «определения силы зажима, которая осуществляется сменными кулачками, в отличие от постоянных кулачков, используем выражение:

$$W_1 = \frac{W}{1-3 \cdot f_1 \cdot (L/H)}, \quad (23)$$

где  $f_1$  – коэффициент трения равен 0,1 [21];

$L$  – вылет кулачка равен 48 мм;

$H$  – длина направляющей кулачка равна 85 мм» [14].

Тогда получим

$$W_1 = \frac{5151}{1-3 \cdot 0,1 \cdot (48/85)} = 6510 \text{ Н.}$$

Далее «определим усилие, которое должен обеспечивать силовой привод для реализации такой силы зажима заготовки:

$$Q = W_1 \cdot \frac{l_1}{l}, \quad (24)$$

где  $l_1$  и  $l$  – плечи рычага соответственно равны 20 мм и 50 мм» [14].

При расчете получим:

$$Q = 6510 \cdot \frac{20}{50} = 2604 \text{ Н.}$$

Для «обеспечения усилия в 2604 Н можно использовать как пневматический привод, так и гидравлический привод. Выбор вида привода согласно условиям обработки отдадим в пользу пневматического привода двустороннего действия с рабочим давлением 0,63 МПа.

Диаметр штока привода, который будет обеспечивать исходную силу определяется, согласно выражению:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (25)$$

где  $p$  – необходимое давление;

$\eta$  – КПД привода равное 0,9» [21].

Тогда получим:

$$D = 1,15 \cdot \sqrt{\frac{2604}{0,63 \cdot 0,9}} = 79,3 \text{ мм.}$$

«Согласно ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока присоединяемого пневматического цилиндра с вращающейся муфтой для резьбового конца шпинделя станка 80 мм, ход кулачков патрона 3,2 мм и ход рычага 3,5 мм. Для упрощения дальнейших расчетов в настоящей работе погрешностью базирования можно пренебречь» [12].

### 3.2 Проектирование вспомогательного приспособления

«Для токарных операций при загрузке и выгрузке деталей принимаем робототехнический комплекс (РТК) М20П.40.01., технические характеристики которого показаны в таблице 11, а эскиз на рисунке 6» [15].

Таблица 11 – Характеристики РТК М20П.40.01

«Грузоподъемность, кг		Число степеней подвижности		Число манипуляторов		Наибольший вылет R, мм		
20		5		1		1100		
Линейные перемещения, мм				Угловые перемещения, град				
по оси Z		по оси R		по $\alpha$		по $\beta$		по $\theta$
500		1100		-90...180		$\pm 3,5$		300
Скорость перемещения, м/с				Скорость угловых перемещений, град/с» [4]				
по оси Z		по оси R		по $\alpha$		по $\beta$		по $\theta$
0,008...0,5		0,008...1,0		60		30		0,001...0,06

Проведем «разработку нового захватного устройства, которое от базового отличается малыми габаритами, надежностью и простотой конструкции.

В процессе перемещения заготовки требуются определенные силы захвата, которые будем определять по формуле:

$$W = K_1 \cdot K_2 \cdot m \cdot g, \quad (26)$$

где  $K_1$  – страховочный коэффициент равен 3;

$K_2$  – передаточный коэффициент» [12].

В «формуле (26)  $m = 1,58$  кг масса заготовки, рассчитанная ранее.  $g$  – ускорение свободного падения ( $9,8 \text{ м/с}^2$ ). Передаточный коэффициент  $K_2$  рассчитаем по формуле:

$$K_2 = \frac{\sin\alpha}{2 \cdot \mu}, \quad (27)$$

где  $\mu$  – коэффициент трения губок в месте контакта равен 0,16;

$\alpha$  - максимальный угол смыкания губок манипулятора  $45^\circ$ » [12].

Тогда получим:

$$K_2 = \frac{\sin 45^\circ}{2 \cdot 0,16} = 2,2.$$

Окончательно сила захвата:

$$W = 3 \cdot 2,2 \cdot 1,58 \cdot 9,8 = 519 \text{ Н.}$$

«Расчетная схема захватного устройства представлена на рисунке 6.

Определим необходимое усилие привода  $Q$  из условия статического равновесия:

$$Q \cdot \eta = \frac{1}{m_c \cdot r_c} \cdot 2 \cdot M, \quad (28)$$

где  $\eta$  – КПД реечной передачи;

$M$  – максимальный момент сил;

$m_c$  – модуль зубчатой передачи сектора равен 2;

$r_c$  – число зубьев сектора равно 11» [11].

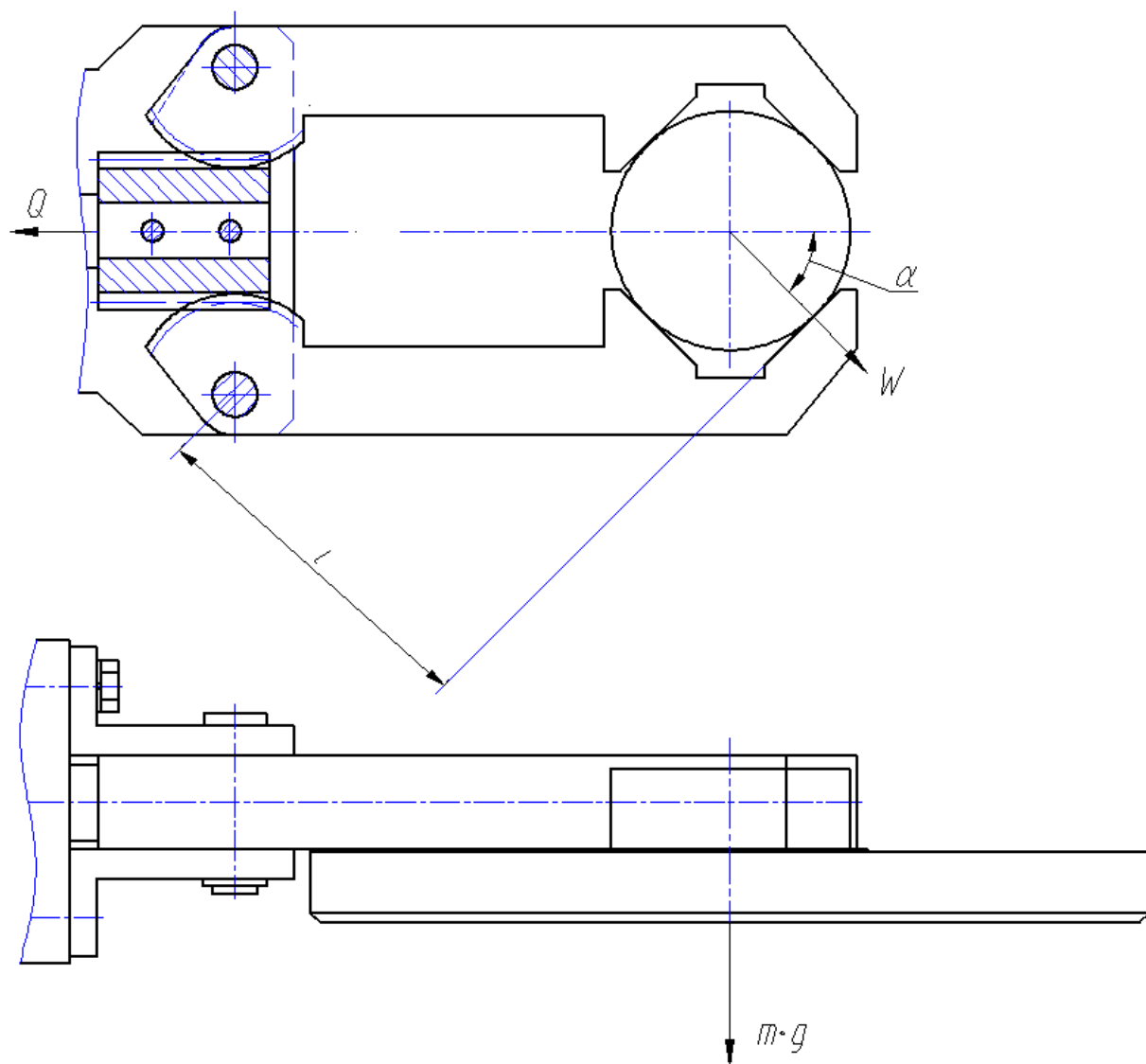


Рисунок 6 – Схема захватного устройства

«Максимальный момент определим по формуле:

$$M = W \cdot l, \quad (29)$$

где  $l$  – плечо (на рисунке 8) равно 58 мм» [12].

Тогда получим:

$$Q = \frac{2 \cdot 225 \cdot 90}{2 \cdot 18 \cdot 0,9} = 1250 \text{ Н.}$$



«Значением рабочего давления привода будем считать 0,63 МПа. Тогда диаметр поршня пневматического цилиндра определим по формуле:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{Q}{p \cdot \eta}}, \quad (30)$$

Параметры, входящие в (24) расписаны ранее для выражения (19). Тогда получим:

$$D = 1,17 \cdot \sqrt{\frac{1250}{0,63 \cdot 0,9}} = 54,9 \text{ мм} \gg [12].$$

Согласно «ГОСТ 15608-81 примем ближайшее к расчетному значение для диаметра штока 63 мм, ход губок 17 мм и ход штока цилиндра 4 мм» [12].

В разделе проведен соответствующий расчет и необходимые мероприятия по проектированию основного и вспомогательного приспособления для реализации лимитирующей технологической операции с минимальными затратами времени и мощностей выбранного оборудования. Предложены к использованию станочное приспособление и устройство для перемещения заготовки по ходу ее обработки. Все представленные вычисления соответствуют известным методикам и проведены с помощью использования самых современных средств автоматизации инженерных расчетов.

## **4 Безопасность и экологичность технического объекта**

### **4.1 Конструктивно-технологическая и организационно-техническая характеристика рассматриваемого технического объекта**

Содержание раздела предусматривает выбор технического объекта, которому необходимо обеспечить безопасность и экологичность. Будем рассматривать технологический процесс изготовления червяка регулировочного механизма. Для наглядности в разделе будут рассматриваться наиболее трудоемкие и потенциально опасные технологические операции: токарная, фрезерная, центрошлифовальная, круглошлифовальная и резьбошлифовальная. В процессе механической обработки используются в качестве материала для заготовки сталь 40Х ГОСТ 4543-2016, смазывающая охлаждающая жидкость, ветошь и другие вспомогательные материалы. При проведении работ по изготовлению детали в технологическом процессе предусмотрены профессиональные рабочие места. Для выбранных технологических операций – это оператор станков с ЧПУ. Технологический процесс реализуется организационно и технически на производственном участке, который оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали предусмотрен график двусменного режима работы. Для реализации изготовления детали в технологическом процессе предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из «оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента» [4]. Рассматриваемый технический объект предусматривает использование следующего оборудования: полуавтомат 2А923; «токарно-винторезный с ЧПУ ВСТ-6А25-21 CNC23; круглошлифовальный SHU-321.22; станок сверлильно-фрезерный с ЧПУ 6Р81ГМФ3-1» [4]; центрошлифовальный с ЧПУ РРН 250; резьбошлифовальный с ЧПУ 5К822В. Также приспособления:

СНП ГОСТ 12195-66; «поводковый патрон ГОСТ 2571-71» [4]; вращающийся центр ГОСТ 8742-75; люнет; упорный центр ГОСТ 18259-72; специальное приспособление ГОСТ 12195-66. Инструменты: резец токарный проходной; пластина ГОСТ 19052-80 Т5К10; круг шлифовальный ГОСТ Р 52781-2007; сверло комбинированное ГОСТ 14952-75 Р6М5; головка шлифовальная ГОСТ 2447-82; дисковая фреза ОСТ 2И41-3-85; шпоночная фреза ГОСТ 9140-78 Р6М5К5; спиральное сверло ГОСТ 10903-77 Р6М5К5; метчик ГОСТ 3266-81 М6 Р6М5К5.

## **4.2 Идентификация профессиональных рисков**

Идентификация опасностей, а также экологических аспектов на производственном участке проводится по локальному нормативному документу, устанавливающему порядок идентификации экологических аспектов, промышленных опасностей и потенциальных рисков. Использование метода предполагает построение показателей с помощью математических моделей и репрезентативных статистических данных.

Идентификация и оценка рисков осуществляется путем сбора сведений о процессе деятельности. В процессе идентификации и оценки рисков учитывают:

- проблемы (источники как внешние, так и внутренние), связанные с качеством процессов деятельности/продукции;
- обычную и нерегулярную деятельность;
- оптимальный технологический режим, режимы останова и пуска, инциденты, аварии;
- инфраструктуру, сырье, материалы;
- деятельность соседних подразделений/предприятий, подрядчиков и потребителей;
- условия труда (шум, вибрация, вредные вещества в рабочей зоне);
- воздействие на окружающую среду (стоки, выбросы, отходы);

- происшествия (инциденты, несчастные случаи, аварии), как уже имевшие место на предприятии, так и реально прогнозируемые.

При анализе потенциальных рисков обычно выделяют следующие профессиональные риски – это «неприменение СИЗ или применение поврежденных СИЗ, не сертифицированных СИЗ, не соответствующих размерам СИЗ; СИЗ не соответствующих выявленным опасностям, составу или уровню воздействия вредных факторов» [5]; падение предметов, падение на скользкой поверхности, неадекватное поведение лиц, пожар, авария, заболевание персонала, пандемия.

К причинам возможной реализации перечисленных рисков можно отнести: неисправность оборудования; чрезвычайная ситуация природного и техногенного характера; ошибки проектирования; внос, употребление запрещенных веществ; психическое заболевание; пандемия. Это может привести к «травме или заболеванию вследствие отсутствия защиты от вредных (травмирующих) факторов» [5]. Для минимизации возникновения опасностей, связанных с реализацией профессиональных рисков, предлагаются мероприятия, которые рассмотрим в следующем подразделе.

### **4.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков**

Все потенциальные риски вносятся в реестр. С реестрами рисков знакомят всех рабочих, на которых он распространяется под роспись в листе (журнале) ознакомления. При необходимости реестры рисков вывешиваются на информационных досках, размещаются в электронной обменной папке. Реестр рисков хранится у разработчика не менее трех лет. Для снижения рисков необходимо обеспечить: точное соблюдение норм технологического регламента и выполнение требований инструкций по рабочим местам и по охране труда; исправность оборудования, арматуры, трубопроводов, контрольно-измерительных приборов, систем аварийной сигнализации и

защитных блокировок; немедленное устранение любой утечки горючих и агрессивных газов и жидкостей.

Для снижения рисков необходимо соблюдать нормы технологического регламента и выполнять требования инструкций по рабочим местам; «регулярная проверка СИЗ на состояние работоспособности и комплектности. Назначить локальным нормативным актом ответственное лицо за учет выдачи СИЗ и их контроль за состоянием, комплектностью» [5]. А также предлагается ряд мероприятий: обучение персонала по программе обучения работников в области ГО и защиты от ЧС природного и техногенного характера; инструктаж и проверка знаний, сбор и обработка статистики, принятие оперативных и других мер; соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний; работа в дистанционном формате; введение двухсменного режима работы; организация работы резервных смен; ограничение передвижения по территории предприятия; электронное согласование документов; использование защитных средств на предприятии (масок, перчаток, антисептических средств). Запрещается пользоваться неисправным ручным инструментом: молотками, зубилами и тому подобное, не отвечающим требованиям техники безопасности, гаечными ключами несоответствующих размеров, с разбитыми или разогнутыми губками, со сбитой рабочей гранью. При обслуживании машин и механизмов с электрическим приводом необходимо соблюдать меры электробезопасности. Все токоведущие части должны быть закрыты, и исключен доступ к частям, находящимся под напряжением. Все движущиеся части машин и приводов должны иметь надежное и исправное ограждение. Не допускается эксплуатация машин без защитных ограждений. Также необходимо снабдить производственный участок следующими инженерными системами: системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации; «системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой

отопления; системой водоснабжения; системой канализации; системой» [5] энергоснабжения.

#### **4.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта**

Пожар является наиболее вероятным источником возникновения аварийных ситуаций техногенного характера. Пожар возможен на производственном участке. Распространение пожара будет происходить по горючей облицовке стен, через технологические отверстия в стенах в смежные помещения, и на кровлю здания. Линейная скорость распространения огня может составлять 0,6 – 1,0 м/мин. При пожаре возможно интенсивное дымовыделение при горении полимерных и синтетических материалов. Возможно получение ожогов и отравление продуктами горения рабочими. Задымлению будут подвергаться все помещения производственного участка при длительном горении. Спасание пострадавших осуществляется пожарными, а также работниками предприятия. Для оказания первой помощи пострадавшим используется оборудование автомобиля скорой помощи. Самым рациональным способом для тушения возможного пожара будет способ тушения и охлаждения сплошными постоянными струями воды. Подачу воды производить от гидрантов через насосы пожарных автомобилей. Начинать тушить установки под напряжением можно только после получения сообщения об их отключении от сети электропитания. Организация тушения пожара регламентируется соответствующим приказом. Таким образом, опасный фактор возможного пожара на техническом объекте можно отнести к классу D и E соответственно горение металлов, металлосодержащих веществ и горение технического объекта пожара, который находится под напряжением электрического тока. Все помещения на производственном участке оборудованы пожарной сигнализацией, состоящей из дымовых пожарных извещателей «Мираж Ладога ПД-РК». Извещатели подключены

последовательно в один шлейф. Дополнительно все эвакуационные пути оснащены ручными пожарными извещателями «Болид С2000Р-ИПР». Все автоматические извещатели закреплены на перекрытиях, а ручные на стенах и конструкциях на высоте 1,5 метра от пола. Оборудованием, которое считывает показания извещателей является приемно-контрольный прибор «Гранит-5». Пожар возможен в любом помещении производственного участка. Перекрытие устроено из металлических листов и щитов. Наружные стены и перегородки выполнены из керамического кирпича. Толщина наружных стен 0,75 м со штукатуркой с пределом огнестойкости не менее 45 мин, стены окрашены вододисперсионной краской. Помещение возможного места пожара имеет значительную горючую нагрузку. Пожар может распространяться в любую сторону. Огонь будет проникать через различные отверстия в конструктивных элементах здания, в следствии чего будут загораться легковоспламеняемые элементы помещений. Пламя распространяется в основном в вертикальной плоскости и в сторону открытых проемов. Наслоения пыли в вентиляционных шахтах в следствии их загорания приведут к повышению уровня задымления. Вследствие долгого действия высокой температуры от огня, может произойти нарушение целостности конструкции и обрушение перекрытия крыши над зоной пожара. Дым может проникнуть во все помещения производственного участка. Капитальные элементы помещения будут ограничивать тепловое воздействие. Тепловое облучение будет иметь большее значение вблизи очага пожара, оконных проемах, дверных проемах, возле потолка помещения, в котором происходит горение.

К причинам возможной реализации пожара можно отнести: замыкание в электросети; повышенные нагрузки при механической обработке на станках; курение в неположенном месте; несоблюдение правил противопожарного режима; некомпетентность персонала. Для снижения рисков необходимо: соблюдение правил противопожарного режима; инструктаж и периодическая проверка знаний. Также необходимо снабдить

производственный участок следующими инженерными системами: системой вентиляции; системой холодоснабжения; системой энергоснабжения; системой контроля загазованности; системой пожарной сигнализации; системой охранной сигнализации. Необходимо оснащение производственного участка первичными средствами пожаротушения такими как: пожарным гидрантом, огнетушителями, емкостями с песком, пожарными веревками, карабинами, респираторами, противогазами, баграми, лопатами и топорами. Также необходима «пожарная сигнализация, автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения» [5].

#### **4.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта**

Выделение токсических испарений, масляного тумана, металлической стружки являются наиболее вероятными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций экологического характера. Для снижения рисков экологического характера «на атмосферу необходимо создание и использование фильтрационных систем вентиляции производственного участка; для снижения рисков экологического характера на гидросферу необходимо создание и использование локальной многоступенчатой очистки сточных вод; для снижения рисков экологического характера на литосферу необходимо разделение, сортировка и утилизация на полигонах отходов» [5].

В разделе был исследован технический объект в виде технологического процесса изготовления червяка регулировочного механизма на безопасность. Для реализации изготовления детали в «технологическом процессе был предусмотрен комплекс технического и технологического оснащения. Он состоит из оборудования, приспособлений, режущего и мерительного инструмента. При проведении работ по изготовлению детали» [5] в технологическом процессе были предусмотрены профессиональные рабочие места. Технологический процесс реализовался организационно и технически



на производственном участке, который был оснащен необходимым оборудованием. Для реализации годовой программы выпуска детали был применен двусменный режим работы. Были определены опасные и вредные производственные факторы, а также соответствующие риски их реализации.

## 5 Экономическая эффективность работы

Используя предложенное техническое решение по совершенствованию технологического процесса, описанное в предыдущих разделах, осуществим экономические расчеты с целью подтверждения целесообразности его внедрения. Чтобы доказать экономическую эффективность технического решения необходимо произвести соответствующие расчеты в определенной последовательности. Последовательный алгоритм экономических расчетов представлен на рисунке 7.

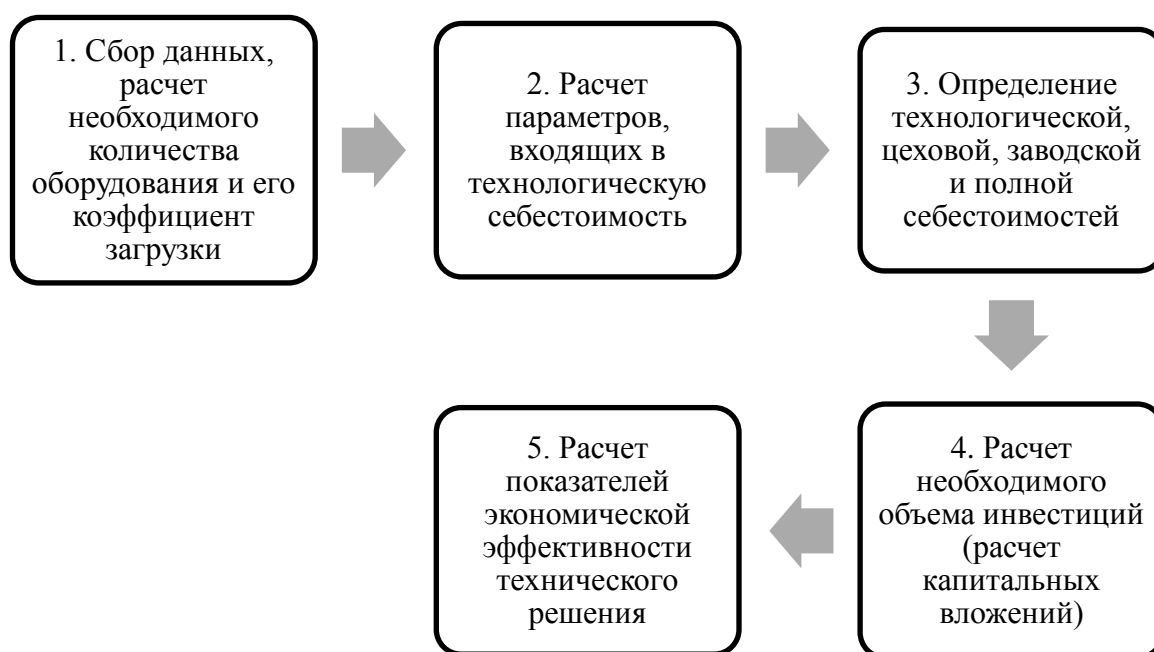


Рисунок 7 – Последовательный алгоритм экономических расчетов

Для составления алгоритма, представленного на рисунке 7, использовалось учебно-методическое пособие для выполнения экономического раздела выпускной квалификационной работы [6]. Выполнение каждого из перечисленных пунктов алгоритма сопровождается соответствующими расчетами, которые очень подробно описаны в этом пособии. Используя описанную методику, вычисление всех необходимых

параметров, была составлена программа расчета в системе Microsoft Excel, позволившая рассчитать все экономические показатели для написания заключения о целесообразности внедрения технического решения.

Далее необходимо, согласно алгоритму, представить полученные результаты проведенных расчетов.

Сбор данных, расчет необходимого количества оборудования и его коэффициент загрузки был выполнен в предыдущих разделах бакалаврской работы, именно они отвечают за разработку технологического процесса, подбор оборудования, оснастки и инструмента. Так как имеется четкое понимание используемого технического парка оборудования, соответственно известны его технические характеристики: габариты и мощность электродвигателя.

Расчет параметров, входящих в технологическую себестоимость был проведен, используя собранные данные на предыдущем этапе и необходимую методику, были определены слагаемые технологической себестоимости предложенного технического решения и базового варианта технологического процесса. Результаты расчетов, а точнее значения таких показателей как: заработная плата рабочего-оператора ( $Z_{ПЛ.ОП}$ ), заработная плата наладчика ( $Z_{ПЛ.НАЛ}$ ), социальные отчисления ( $H_{З.ПЛ}$ ) и расходы на эксплуатацию оборудования ( $P_{Э.ОБ}$ ), представлены на рисунке 8.

Анализируя представленные на рисунке 8 значения, можно сказать, что внедрение технического решения позволит уменьшить величину показателей. В зависимости от параметра, благодаря предложенным изменениям, можно достигнуть его сокращения, в интервале от 21,7% до 29,5%, что в рублевом эквиваленте составляет – 0,04-1,25 рубля.

Сложив, представленные на рисунке 8 параметры, будет получено значение технологической себестоимости технического решения, так для базового варианта оно составит 10,77 рублей, а для проектного варианта – 8 рублей. Сокращение этой величины в проектируемом варианте составит 25,8%.

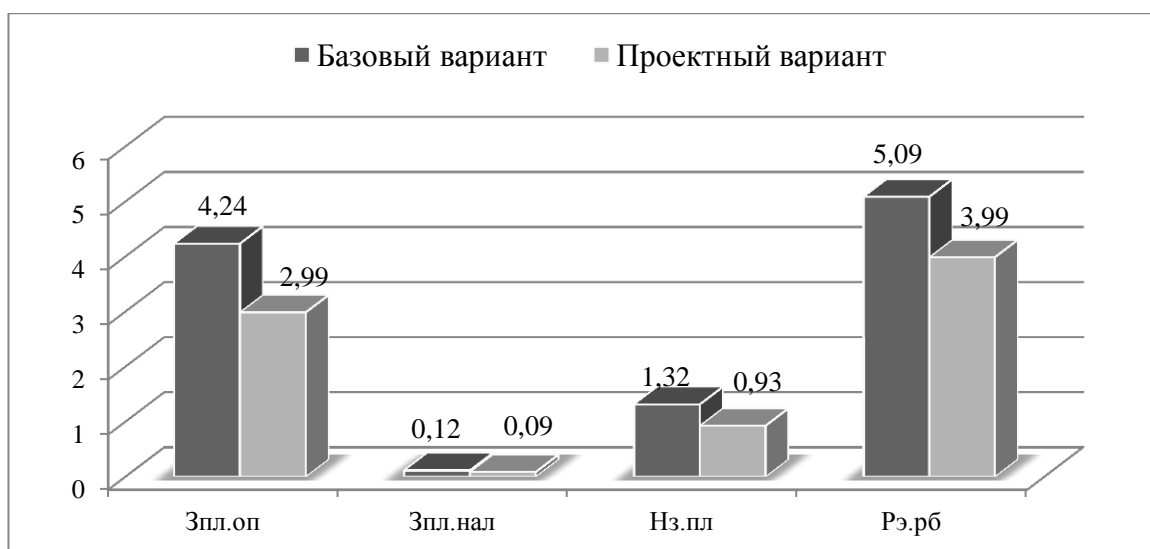


Рисунок 8 – Значения показателей, из которых складывается технологическая себестоимость технического решения, по вариантам, руб.

Проведен расчет технологической, цеховой, заводской и полной себестоимости. Соответствующие результаты проведенных расчетов, связанных с определением этих параметров, представлены на рисунке 9.

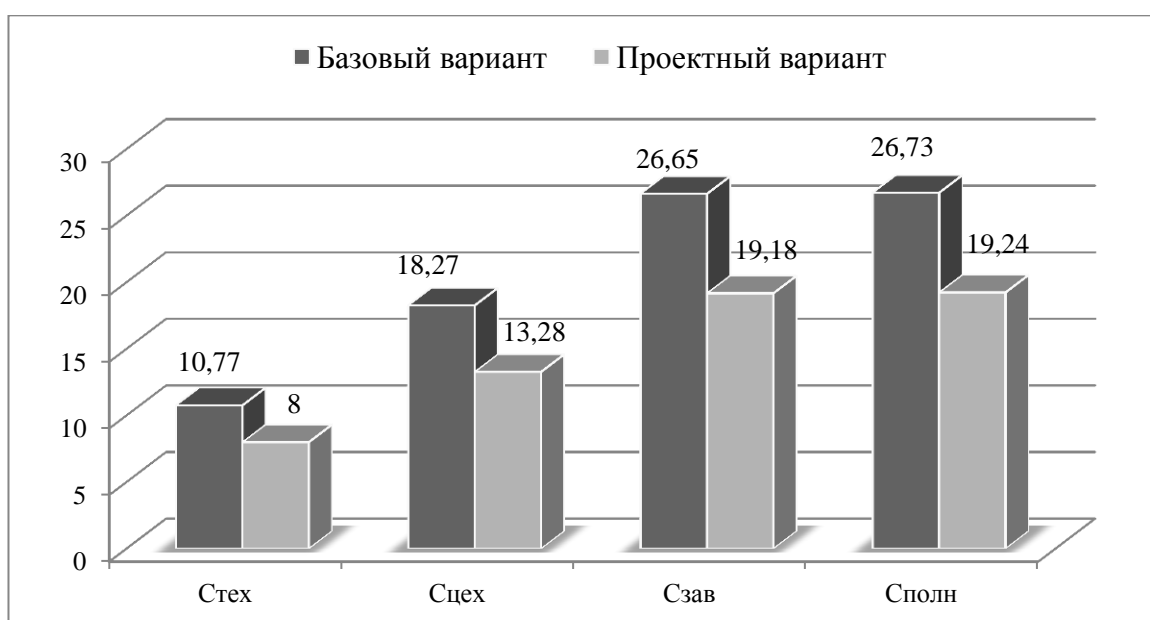


Рисунок 9 – Значение всех видов себестоимостей технического решения по вариантам, руб.

Значения, представленных на рисунке 9 параметров, в проектируемом варианте имеют тенденцию к снижению. Итоговое значение себестоимости (полной себестоимости) уменьшилось на 7,49 рублей, что составило 28%.

Далее проведен расчет необходимого объема инвестиций и расчет капитальных вложений. Расчет предполагает определение величины необходимого финансового обеспечения для воплощения технического решения. Результаты проведенных расчетов, связанных с определением объема инвестиций, включающих затраты на: проектирование ( $Z_{IP}$  равно 30446 руб.), корректировку управляющей программы ( $K_A$  равно 8767,7 руб.) и величину незавершенного производства ( $HЗП$  равно 29,86 руб.), образовавшуюся в результате внедрения технического мероприятия, представлены на рисунке 10.

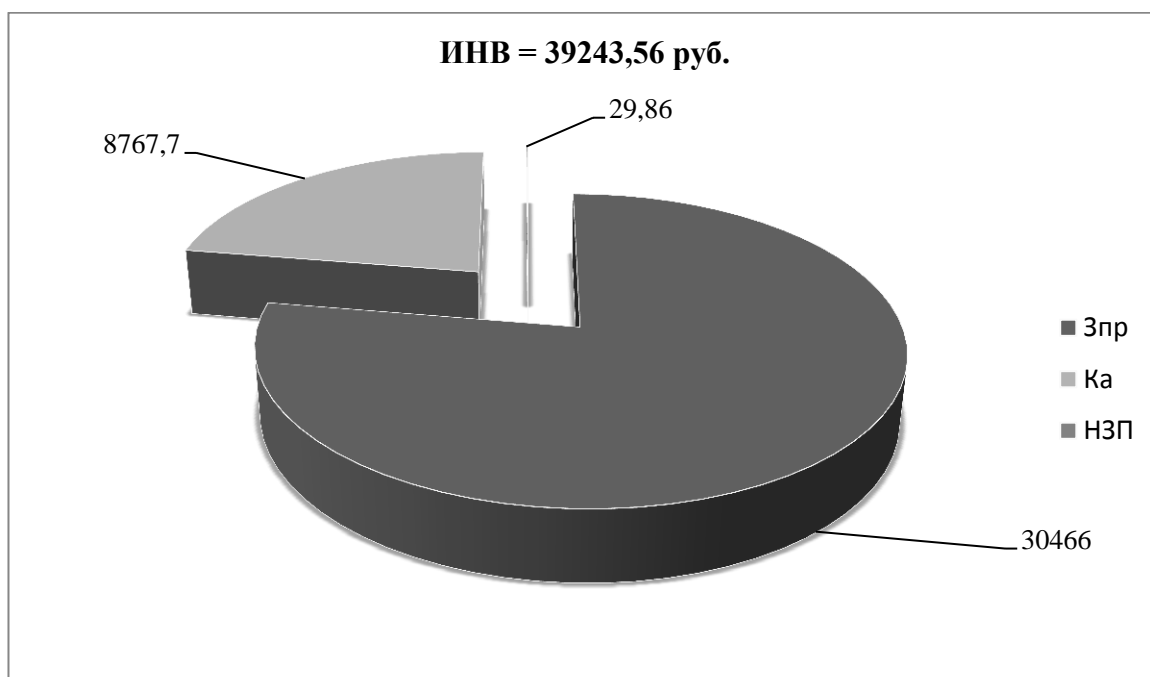


Рисунок 10 – Объем необходимых инвестиций для воплощения технического решения, руб.

Как видно из рисунка 10, наиболее финансово затратным является статья «затраты на проектирование», которая составляет 77,6% от общего объема инвестиций.

Получены показатели экономической эффективности технического решения, параметры которых определяются в результате выполнения соответствующего расчета, представлены на рисунке 11.

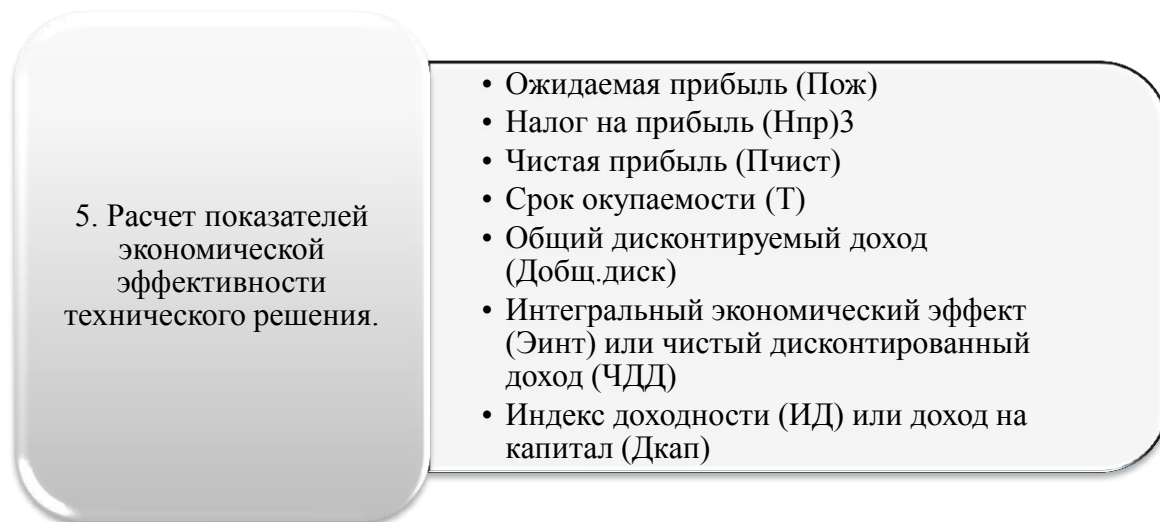


Рисунок 11 – Экономические показатели, определяемые в пункте 5 алгоритма экономических расчетов

Все эти показатели определяются последовательно друг за другом, то есть каждый последующий показатель использует значения предыдущего. Из всех перечисленных параметров, для того чтобы написать вывод о целесообразности внедрения технического решения, наибольший интерес представляет интегральный экономический эффект, а точнее знак («плюс» или «минус») перед этим значением. Другими словами, чтобы воплощать техническое решение, необходимо получить положительное значение интегрального экономического эффекта.

В разделе, проведя все необходимые расчеты, соответствующие пункту пять алгоритма, было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 6848,74 рублей. Это значит, что предложенное техническое решение достойно быть внедренным.

## Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты. В выпускной квалификационной работе рассмотрены особенности технологического процесса изготовления детали и выбраны пути его совершенствования. Изучен технологический процесс изготовления детали, применяемое оборудование и приспособления. Проанализирован базовый технологический процесс и исследованы пути его совершенствования. Выявлено оборудование, применяемое на операциях технологического процесса; проведен анализ оборудования на предмет его соответствия типу производства. Проанализированы отечественные и зарубежные научные публикации по теме исследования и сделаны выводы и предложения по усовершенствованию технологического процесса. Проведен анализ применяемого оборудования. Проведен анализ применяемого режущего инструмента. Проведен анализ режимов резания. Проведен анализ применяемых приспособлений. Выявлены станочные приспособления, применяемые на операциях технологического процесса. Проведен анализ приспособлений на предмет их соответствия типу производства. Выявлены приспособления, обеспечивающие требуемые характеристики качества обработки и производительности. Проведен анализ и расчет контрольного приспособления. Предложены мероприятия для осуществления безопасности проектируемого процесса и его экономической обоснованности.

Проведенные в выпускной квалификационной работе соответствующие известным методикам расчеты дали возможность получить в результате поставленные технические и технологические задачи. Было получено положительное значение интегрального экономического эффекта, величина которого составила 6848,74 рублей, что позволяет использовать эти результаты для технической реализации, использования и внедрения на производстве предлагаемого технологического процесса.

## Список используемых источников

1. Базров Б.М. Основы технологии машиностроения: учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. 736 с.
2. Байкалова В.Н. Основы технического нормирования труда в машиностроении: учебное пособие / В.Н. Байкалова, И.Л. Приходько, А.М. Колокатов. – М. : ФГОУ ВПО МГАУ, 2005. 105 с.
3. Безъязычный В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебник. – М. : Инновационное машиностроение, 2016. 568 с.
4. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие для вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. – М. : Альянс, 2015. 256 с.
5. Горина Л.Н. Раздел выпускной квалификационной работы «Безопасность и экологичность технического объекта»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина, М.И. Фесина. – Тольятти : изд-во ТГУ, 2018. 41 с.
6. Зубкова Н.В. Методическое указание к экономическому обоснованию курсовых и дипломных работ / Н.В. Зубкова. – Тольятти : ТГУ, 2015. 46 с.
7. Иванов И.С. Расчёт и проектирование технологической оснастки в машиностроении: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2015. 198 с.
8. Иванов И.С. Технология машиностроения: производство типовых деталей машин: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2014. 223 с.
9. Клепиков В.В. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие / В.В. Бодров, В.Ф. Солдатов. – М. : ИНФРА-М, 2017. 229 с.
10. Клепиков В.В. Технология машиностроения: учебник / В.В. Клепиков, А.Н. Бодров. – М. : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2004. 860 с.
11. Кондаков А.И. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : КНОРУС, 2012. 400 с.



12. Косов Н.П. Технологическая оснастка: вопросы и ответы: учебное пособие / Н.П. Косов, А.Н. Исаев, А.Г. Схиртладзе. – М. : Машиностроение, 2005. 304 с.
13. Приходько И.Л. Проектирование заготовок: учебное пособие / И.Л. Приходько, В.Н. Байкалова. – М. : Издательство РГАУ–МСХА, 2016. 171 с.
14. Скворцов В.Ф. Основы технологии машиностроения: учебное пособие. – М. : ИНФРА-М, 2016. 330 с.
15. Справочник технолога - машиностроителя. В 2-х кн. Кн. 2 / А.Г. Косилова [и др.]; под ред. А.М. Дальского [и др.]; - 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение-1, 2001. 944 с.
16. Суслов А.Г. Технология машиностроения: учебник. – М. : КНОРУС, 2013. 336 с.
17. Bryant M.D. Entropy and dissipative processes of friction and wear – FME Transactions, 2009. № 37(2) – pp.55–60.
18. Bertsche B. Reliability in Automotive and Mechanical Engineering: Determination of Component and System Reliability / B. Bertsche, A. Schanz, K. Pickard. – Berlin Heidelberg : Springer-Verlag, 2015. 502 p.
19. Grote K.-H., Antonsson E.K. Springer Handbook of Mechanical Engineering / K.-H Grote, E.K. Antonsson. – New York : Springer Science+Business Media, 2008. 1589 p.
20. Nee A. Y. C. Handbook of Manufacturing Engineering and Technology / A. Y. C. Nee. – London : Springer Reference, 2015. 3491 p.
21. Rösler J. Mechanical Behaviour of Engineering Materials: Metals, Ceramics, Polymers, and Composites / J. Rösler, H. Harders, M. Bäker. – Berlin Heidelberg New York : Springer, 2007. 540 p.





















